

THÈSES

présentées

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR INGÉNIEUR

par

Claude COLETTE

Ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier
Licencié-ès-Sciences

1^{re} THÈSE

Répartition et conservation des composés phosphorés dans les aliments Cas de la saucisse appertisée

2^{me} THÈSE

Proposition donnée par la Faculté

Soutenues le 29 Mai 1964 devant la Commission d'examen

M. E. KAHANE

Président

M. R. JACQUIER

Examineur

M^{me} H. COLSON-GUASTALLA

»



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555624_0029

THÈSES

présentées

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR INGÉNIEUR

par

Claude COLETTE

Ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier
Licencié-ès-Sciences

1^{re} THÈSE

Répartition et conservation des composés phosphorés dans les aliments Cas de la saucisse appertisée

2^{me} THÈSE

Proposition donnée par la Faculté

Soutenues le 29 Mai 1964 devant la Commission d'examen

M. E. KAHANE

Président

M. R. JACQUIER

Examineur

M^{me} H. COLSON-GUASTALLA

THESE

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

DES SCIENCES

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

PAR

CLAUDE LÉVY

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ



Cas de la maladie récurrente

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LA FACULTÉ

FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

LISTE DES PROFESSEURS

DOYEN : B. CHARLES

ASSESSEURS : R. JOUTY
I. ASSENMACHER

DOYEN HONORAIRE : P. MATHIAS

PROFESSEURS HONORAIRES : R. JACQUES J. SOULA
M. CASTERAS G. DENIZOT
E. CARRIERE J. GRANIER
E. TURRIERE

PROFESSEURS TITULAIRES :

M. MOUSSERON	Chimie
L. EMBERGER	Botanique
Ch. BOUHET	Physique
P. MATHIAS	Zoologie et Biologie Générale
J.P. ROIG	Physique
P. CHATELAIN	Minéralogie et Cristallographie
Mlle O. TUZET	Zoologie et Biologie Générale
Mlle G. CAUQUIL	Chimie
M. G. COUCHET	Mécanique Supérieure
M. J. SALVINIEN	Chimie - Physique
Mlle A.M. VERGNOUX	Physique
M. M. BOUX	Mathématiques
M. J. AVIAS	Géologie
M. P. VIELES	Chimie
M. J. RABINOVITCH	Physique (C.S.U.)
M. E. KAHANE	Chimie Biologique
M. J.J. MOREAU	Mécanique Rationnelle
M. B. CHARLES	Mathématiques Pures
M. J. MOTTE	Botanique
M. R. JOUTY	Physique
M. R. LEGENDRE	Zoologie
M. C. CHALIN	Physique
M. I. ASSENMACHER	Physiologie Animale
M. B. PISTOULET	Physique
M. Ch. ROUMIEU	Analyse Supérieure
M. A. POTIER	Chimie Minérale
M. R. LAFONT	Physique
M. R. JACQUIER	Chimie
M. J. FALGUEIRETTES	Minéralogie
Mme J. CHARLES	Mathématiques

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

Mme M. de POUQUES	Botanique (C.S.U.)
M. P. MURAUOUR	Géophysique Appliquée
Mme M. LAFON	Mathématiques
M. M. MATTAUER	Géologie
M. P. CAILLON	Physique
M. G. TOURNE	Chimie
M. L. EUZET	Zoologie (C.S.U.)
M. J. REMY	Géologie
Mme G. VERNET	Biologie Animale
M. H. ANDRILLAT	Astronomie
M. P. DEMANGEON	Géologie
M. Ch. SAUVAGE	Botanique
M. A. BONNET	Botanique
M. J. ROUZAUD	Chimie

MAITRES DE CONFÉRENCES :

Mme Ch. DUBOUL-RAZAVET	Géologie (C.S.U.)
M. A. SAVELLI	Physique
M. H. CHRISTOL	Chimie
M. E. GROUBERT	Physique
Mme H. GUASTALLA	Biologie Physico-chimique
M. J.P. LAFON	Mathématiques
M. A. STEINER	Psychophysiologie
M. G. LAMATY	Chimie
M. C. DELOUPY	Physique
M. L. GRAMBAST	Botanique
M. R. GAUFRES	Chimie
M. F. PROUST	Géologie
M. A. BASSOMPIERRE	Physique
M. A. MARTINEAU	Mathématiques
M. R. MARTY	Physiologie Animale
M. M. MAURIN	Chimie
M. M. BOURDU	Physiologie Végétale
M. J.J. SOULIER	Chimie (C.S.U.)
M. J. PARIS	Biologie Animale (C.S.U.)

CHARGÉS D'ENSEIGNEMENT :

M. LEFRANC	Mathématiques
M. A. STURER	Mathématiques
Mlle A. BAILLETTE	Mathématiques (C.S.U.)
M. P. MOLINO	Mathématiques (C.S.U.)

SECRÉTAIRE PRINCIPAL :

M. E. SIAU

A MES PARENTS.

A MA FEMME.

A TOUS LES MIENS.

A MON MAITRE

MONSIEUR Ernest KAHANE

Professeur de Chimie Biologique

à la Faculté des Sciences de Montpellier.

A V A N T - P R O P O S

Ce travail a été réalisé dans le Service de Chimie Biologique de la Faculté des Sciences de Montpellier, sous la direction de Monsieur le Professeur Ernest KAHANE. Je suis heureux de pouvoir exprimer à mon Maître mes sentiments de très vive reconnaissance pour la bienveillance et la sollicitude dont il a toujours fait preuve à mon égard. Je le remercie très sincèrement de l'intérêt constant qu'il a porté à mon travail, et l'assure de mon attachement ainsi que de ma respectueuse gratitude.

Je remercie Monsieur le Professeur R. JACQUIER qui fut l'un de mes maîtres à l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier, de m'avoir fait l'honneur de juger cette thèse.

Mes remerciements vont également à Madame H. COLSON-GUASTALLA, Maître de conférences de Biologie Physico-Chimique, pour avoir bien voulu accepter de faire partie de ce jury.

Je suis reconnaissant à Monsieur HENRY et à Monsieur Claude BERNARD, respectivement Directeur et Ingénieur du Laboratoire Industriel qui nous a fourni la matière première, de l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée, lorsque j'ai procédé à des essais dans leur établissement.

Je sais gré à mes camarades de Laboratoire de l'atmosphère de cordialité et de bonne humeur qui a rendu agréable l'accomplissement de ce travail.

Ma reconnaissance va enfin à l'Institut Appert et à son Directeur Monsieur DUROCHER. J'ai été pendant trois ans stagiaire à l'Institut Appert qui m'a ainsi donné les moyens matériels de mener ce travail.

I N T R O D U C T I O N

L'importance du rôle joué par les composés phosphorés dans le métabolisme rendait intéressante la connaissance de leur répartition en esters phosphoriques, phospholipides, acides nucléiques, chez les animaux et les végétaux. Nous sommes donc en possession d'une documentation abondante rendant compte de cette répartition dans le règne vivant.

Nous nous proposons ici une étude comparable mais dans une optique différente : nous étudierons la variation de cette répartition en chimie alimentaire, avec des traitements tels que le broyage et la conservation. C'est qu'en effet, les composés phosphorés sont en étroite relation avec les qualités organoleptiques et notamment celles de la viande.

L'industrie de plus en plus perfectionnée de la conserve alimentaire se devait de rechercher, s'il existe un lien, entre certains procédés empiriques destinés à obtenir une conserve de qualité, et la répartition des composés phosphorés dans un tel produit.

Notre étude porte sur la viande de bœuf et de taureau, source d'un produit alimentaire bien déterminé : les saucisses en conserve. Pour un pays comme la France, où le bœuf est une pièce maîtresse sur l'échiquier alimentaire, il est naturel que l'on essaie de rendre toutes ses parties comestibles. La réussite est complète au niveau des muscles dont les plus tendres sont nos classiques "beafsteacks" et rôtis; les plus durs sont consommés sous forme de viande hachée ou de "pot au feu"; mais depuis longtemps, ces parties dures sont valorisées sous forme de saucisses; fumées, elles sont non seulement de goût agréable, mais peuvent être conservées.

Le temps de conservation était court autrefois, encore fallait-il respecter certaines conditions très empiriques d'humidité et de température. Le problème de la conservation est résolu quand Nicolas APPERT "invente" la boîte à conserve en verre, puis en fer blanc. Le fabricant n'a plus qu'à soumettre les saucisses à l'appertisation en boîte, tout en essayant de conserver à son produit un goût et une apparence agréables.

Or, des travaux antérieurs ont montré que certaines des qualités organoleptiques et des qualités de présentation des conserves de viande sont en relation avec leur teneur en produits phosphorés. Il s'ensuit que la répartition de ces derniers dans la saucisse est intéressante d'un point de vue à la fois théorique et pratique.

Après un rapide coup d'œil sur "l'histoire d'une boîte de saucisse" et les méthodes analytiques utilisées, nous exposerons l'effet du temps sur la conservation d'une boîte de saucisse. Nous examinerons également l'influence des traitements industriels sur la matière première : la viande de bœuf et de taureau. Ceci implique une étude à chaque stade de la fabrication, depuis l'abattage de la bête jusqu'à la stérilisation de la boîte de conserve. Dans ce but, nous avons assisté à la fabrication et fait, à chaque stade, les prélèvements nécessaires.

CHAPITRE I

FABRICATION DE LA SAUCISSE APPERTISÉE

La saucisse se compose de viande hachée, de lard, d'épices et d'eau, bien mélangés, mis en forme, mis en boîte et enfin appertisés.

Il existe différentes sortes de saucisses. Nous nous cantonnerons à la saucisse de Strasbourg ((Bas—Rhin)), fabriquée avec du collier de taureau "chaud", de la viande de bœuf et du lard. L'expérience a montré que seule, la viande de taureau encore chaude, est capable d'absorber son poids d'eau et de donner après broyage, salage puis maturation une pâte de bel aspect.

A. = PATE DE TAUREAU :

Le collier correspond aux muscles allant de la nuque à l'épaule. Il est prélevé immédiatement après l'abattage et transporté à l'usine. La bête a d'abord été saignée pour éviter une exsudation de sang importante.

La partie supérieure du collier est appelée "veine maigre" par opposition à la partie inférieure appelée "veine grasse". On peut se rendre compte du "grain" de cette viande en la palpant suivant une coupe longitudinale. Il s'agit d'un grain "grossier", c'est-à-dire d'une viande dure. C'est donc cette partie musculaire dure mais riche en protéines et en sels minéraux qu'il s'agit de rendre tendre et savoureuse.

Donnons pour mémoire la composition du muscle frais :

— eau	63 à 68 %
— glucides	1 %
— protéines	18 à 20 %
— lipides	11 à 19 %
— cendres	0,9 %

Parmi les éléments minéraux, le potassium, le soufre et le phosphore sont les plus abondants.

Le collier encore chaud (38 à 39° après le dépeçage) et frémissant est immédiatement transporté à l'usine où il est apprêté, car le dépeçage à l'abattoir a été grossier. Cette opération, au cours de laquelle il est débarrassé de déchets d'os, de tendons et de graisse, puis coupé en petits morceaux, fait diminuer de 12% son poids initial, et sa température passe de 38 à 28°.

L'apprêtage est immédiatement suivi de la fabrication de ce que nous appellerons la "pâte de taureau". Le collier ainsi découpé est maintenant broyé dans une machine pourvue de couteaux (cutter). Quand la pâte possède le grain voulu (la température du hachis est encore à ce moment voisine de 28°), on ajoute petit à petit et en continuant à broyer, un mélange d'eau et de glace pilée. En même temps, le tout est brassé soigneusement à la main. On ajoute avec l'eau un mélange salin formé, pour 1 kg de pâte de taureau, de :

- 25 g de chlorure de sodium
- 1,5 g de nitrate de potassium
- 1,2 g de sucre.

Le spécialiste arrête le broyage et l'addition d'eau quand il trouve que la pâte a une tenue convenable. Cette pâte, dont la température est alors voisine de 18°, est placée pendant 48 heures dans une chambre froide à 4°.

La viande qui a absorbé pratiquement son poids d'eau pour former une pâte liée ne subit pas pendant ce séjour de dessiccation appréciable.

Le repos de 48 h. à 4° correspond à la maturation de la viande. C'est à ce stade qu'intervient le mélange salin ajouté lors du broyage. Le sel a une action positive : il exerce une véritable sélection sur les micro-organismes présents dans la pâte, en entravant le développement de certaines espèces (halophobes) et en permettant le développement d'autres espèces, notamment de celles qui favorisent la maturation comme les ferments lactiques. Le nitrate de potassium ou salpêtre donne à la viande salée sa belle couleur rouge. Le sucre atténue la saveur un peu âpre que le salpêtre donne à la viande, en même temps qu'il attendrit cette dernière et favorise la prolifération des bacilles lactiques.

La maturation à 4° pendant 48 heures, donne à la viande les qualités organoleptiques recherchées. Pendant ce "mûrissement" de la pâte, s'exerce non seulement l'action des espèces microbiennes sélectionnées par le salage, mais aussi et surtout, l'action autolytique des enzymes existant normalement dans les cellules vivantes. D'après A. GAUTIER ⁽¹⁾, la quantité de polypeptides solubles représente 0,5 à 1,5% de la viande fraîche et augmente au fur et à mesure de la maturation. Il se produit une véritable auto-digestion due aux actions enzymatiques; 12% de la matière musculaire peut ainsi être transformée en protides solubles.

Dans le cas de la pâte de taureau, cette maturation est favorisée d'abord par le broyage qui dilacère les cellules musculaires libérant ainsi les sucs fermentaires du muscle, puis par l'addition d'eau, la dilution augmentant l'activité des enzymes.

B. = CHAIR A SAUCISSE :

A côté de la viande de taureau, il entre dans la saucisse de la viande de bœuf.

La fabrication de la pâte de bœuf diffère sur deux points de celle de la pâte de taureau : la viande traitée n'est pas chaude et il n'y a pas d'addition d'eau. Le broyage et le salage se font de la même façon pour le taureau et pour le bœuf; le mélange salin est le même dans les deux cas.

La pâte de bœuf subit ensuite une maturation de 24 h. à la chambre froide. A la fin de ce séjour, on obtient une pâte moins liée que la pâte de taureau et d'un rouge plus sombre. Ces différences proviennent sans doute de la dilution du milieu, dont dépend l'activité du mélange salin.

Avec la viande de taureau et de bœuf, il entre aussi du "gras salé" dans la composition de la saucisse. Ce "gras" n'est autre que les graisses récupérées sur la carcasse de l'animal, lors du dépeçage. Il convient de distinguer les graisses externes ou graisses de couvertures, des graisses internes. Les premières, situées à la surface, donnent à la viande sa saveur et son moelleux. Les deuxièmes enveloppent les viscères et plus particulièrement les reins. Sur les côtes, elles forment le grappé. Les graisses intersticielles enfin s'infiltrant entre les fibres musculaires. Selon qu'elles forment des masses graisseuses ou de fins filaments blanchâtres, elles constituent le "marbré" ou le "persillé" de la viande.

Le gras est formé de ces différentes graisses. Remarquons qu'il contient en outre de petits morceaux de viande et de tendons, dont la présence s'explique par la rapidité du dépeçage. Ce gras est salé à raison de 10 g de sel par kg, puis il est mis à la chambre froide. Il ne sera broyé qu'au moment d'être introduit dans la pâte à saucisse.

La pâte de taureau, la pâte de bœuf et le gras salé sont maintenant prêts pour la fabrication de la chair à saucisse. A la sortie de la chambre froide, leur température est de 8 à 9°.

Le gras salé est d'abord haché en une pâte assez grossière. On introduit ensuite la pâte de bœuf dans la machine à broyer et on lui ajoute la moitié de son poids en eau sous forme de glace pilée. Quand ce mélange a pris l'aspect voulu, on lui ajoute la pâte de taureau; après un autre temps de broyage, on introduit la pâte de gras salé. Enfin, on saupoudre le tout de ferments lactiques et d'épices. Les ferments lactiques contribuent à donner aux saucisses l'aspect désiré. Les épices donnent aux saucisses de Strasbourg leur parfum caractéristique.

A ce stade encore, l'action de l'opérateur est importante : en même temps que la machine travaille, il brasse la pâte et décide, d'après son aspect, de la quantité d'eau à introduire dans la pâte de bœuf, du moment où il doit ajouter la pâte de taureau, le gras salé, enfin de la durée de l'opération.

Ce travail dure environ une heure. Au terme de la fabrication de la chair à saucisse, la température du mélange est de 16° C. La chair à saucisse ainsi obtenue est composée de :

- 20 kg de pâte de bœuf
- 10 kg de glace pilée
- 35 kg de pâte de taureau
- 35 kg de gras salé
- 0,5 kg de ferments lactiques
et d'épices.

Ces chiffres sont à peu près constants d'une fabrication à l'autre. Seule la quantité d'eau et de glace peut varier entre 8 et 10 kg.

Si nous considérons que l'eau ajoutée ici appartient à la pâte de bœuf, nous pouvons dire que la pâte de taureau, celle de bœuf et le gras salé

sont introduits à peu près à poids égal (entre 30 et 35 kg). Mais ces pâtes sont plus ou moins riches en eau : celle de taureau est la plus diluée, puis celle de bœuf; le gras salé, lui, a été introduit tel quel. La chair à saucisse a l'aspect d'une pâte bien liée, homogène. Elle possède une belle couleur rouge clair et dégage une odeur agréable due aux épices introduites.

C. = MISE EN FORME :

La chair à saucisse est ensuite mise en forme. Elle est poussée par une machine semi-automatique dans une enveloppe formée par l'intestin grêle de mouton ou par un boyau de cellophane.

Les saucisses crues sont alors pendues en grappe sur des supports pour être fumées. Elles restent environ deux heures trente au fumoir : une heure à 45° C et une heure ou une heure et demie à 60° C selon leur couleur. Après une heure, la ventilation est inversée pour que la fumée puisse agir uniformément sur toutes les saucisses. Il s'agit ici d'un fumage à froid. La fumée provient de la combustion d'un mélange de sciures de différentes essences de bois, convenablement choisies.

Cette opération donne aux saucisses une saveur très particulière. Elle exerce en outre une action conservatrice grâce aux produits antiseptiques apportés par la fumée. Dans le fumoir, les saucisses perdent une partie de leur eau et prennent une belle coloration rouge en fonction de laquelle on décide de la fin du fumage.

A ce stade, les saucisses peuvent être livrées à la consommation : il s'agit alors de "demie-conserves" que l'on doit laisser au réfrigérateur et consommer dans un délai assez court.

D. = APPERTISATION :

Jusqu'ici, nous avons décrit des procédés empiriques connus depuis fort longtemps. Avec la conservation, nous abordons un procédé plus récent, mis au point vers 1809 par Nicolas APPERT. Celui-ci, dans son ouvrage : "Le livre de tous les ménages ou l'art de conserver pendant plusieurs années les substances animales ou végétales" (1810) décrit son procédé, basé sur un emballage hermétique et l'emploi de la chaleur pour conserver les aliments désirés.

Nos saucisses, à la sortie du fumoir, sont prêtes à être mises en conserve. On les introduit dans des "boîtes de 1/2" avec une saumure à 3° Baumé en sel.

La boîte est en fer blanc et ne contient aucune matière nocive pouvant diffuser dans le produit. Elle est ensuite sertie puis stérilisée. Au moment du sertissage, l'air est chassé de la boîte pour éviter toute influence sur la conserve et pour que la boîte n'éclate pas au cours de la stérilisation. Cette dernière opération peut s'effectuer de deux façons différentes : 50 minutes à 60° C et 40 minutes à 100° C, ou bien 40 minutes à 80° C et 30 minutes à 100° C.

Les boîtes sont refroidies à la sortie de l'autoclave et étiquetées. Le jutage en présence d'une saumure et la stérilisation donnent à la boîte de saucisse une assez longue "durée de vie" avant sa consommation.

CHAPITRE II

TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES DE BASE

Pour tous les échantillons étudiés, les composés phosphorés ont été séparés en groupes dans lesquels nous avons dosé le phosphore.

I. = DOSAGE DU PHOSPHORE

Nous avons adopté le classique dosage du phosphore par colorimétrie. Ce dosage ne concernant que les orthophosphates, le phosphore organique sera d'abord minéralisé par attaque sulfo-nitro-perchlorique⁽²⁾.

A. = MINÉRALISATION :

Dans un matras de kjeldahl de 50 ml contenant le matériel, on ajoute :

- 10 ml de mélange nitro-perchlorique (1v/2v)
- 0,5 ml d'acide sulfurique.

La quantité d'acide sulfurique doit rester la plus petite possible, car cet acide gêne la colorimétrie; elle ne dépend que du volume de la fiole. Par contre, la quantité de mélange nitro-perchlorique dépend de celle de la matière organique présente.

L'ensemble est porté à ébullition; les acides nitrique et perchlorique agissent et s'éliminent successivement. Si la quantité de matière organique est trop importante, un noircissement se produit, dû à une destruction

nitrique incomplète. On rajoute alors, après refroidissement, du mélange nitro-perchlorique et l'attaque nitrique reprend.

L'élimination de l'acide perchlorique doit être complète car cet acide inhibe la coloration.

En fin d'opération, il reste dans le kjeldahl, les 0,5 ml d'acide sulfurique incolores. Ils contiennent tout le phosphore sous forme d'orthophosphates mais aussi de pyrophosphates qu'il faut hydrolyser en orthophosphates. A cet effet, le résidu sulfurique est additionné de quelques ml d'eau et porté à 100° au bain-marie pendant 30 minutes.

La solution obtenue, limpide et incolore, renferme tout le phosphore sous forme d'orthophosphates. On l'amène à un volume connu et on dose l'orthophosphate sur une partie aliquote.

La minéralisation des fractions lipidiques est la plus délicate, d'une part parce que ces lipides, abondants dans la saucisse, ont tendance à s'enflammer si on mène l'opération trop vite, ou encore à mousser; d'autre part, parce qu'ils ont été extraits par des solvants qui réagissent très violemment avec le mélange nitro-perchlorique. Les solvants devront donc être soigneusement éliminés avant toute minéralisation.

B. = DOSAGE COLORIMÉTRIQUE DE L'ORTHOPHOSPHATE :

Nous avons utilisé la méthode colorimétrique au bleu de molybdène, selon la technique décrite par MACHEBOEUF et DELSAL ⁽³⁾.

1° Réactifs

— Réactif molybdique

Dissoudre : 25 g de molybdate d'ammonium
dans 300 ml d'eau distillée

Ajouter : 75 ml d'acide sulfurique R.P.
125 ml d'eau distillée

- Hydroquinone à 1 p. 100 dans l'eau distillée
fraîchement préparée et additionnée d'une
goutte d'acide sulfurique R.P.
- Sulfite de sodium à 20 p. 100 dans l'eau distillée.

Cette solution se conserve 4 jours.

2° Mode opératoire

A la partie aliquote de la solution d'orthophosphates, on ajoute dans l'ordre :

- 1 ml de réactif molybdique
 - 1 ml de la solution d'hydroquinone
 - 1 ml de la solution de sulfite
- on complète à 10 ml avec de l'eau distillée.

Les densités optiques sont lues au bout de 20 minutes exactement au colorimètre, à 580 millimicrons.

Une courbe d'étalonnage (densités optiques en fonction de la concentration en phosphore) préalablement établie à l'aide d'une solution étalon de phosphate de sodium, permet de déterminer, par lecture directe, la quantité de phosphore présent.

Cette méthode nous a permis de déterminer avec précision des quantités de phosphore comprises entre 10 et 40 gammas.

Par des prises d'essai et des dilutions adéquates, nous faisons en sorte que nos mesures colorimétriques soient faites sur des quantités de phosphore comprises entre ces limites.

3° Domaine d'application

a) Influence du milieu, dans le cas d'une colorimétrie directe.

Si l'on veut évaluer seulement le phosphore minéral, l'étape de la minéralisation doit être naturellement supprimée. Il convient alors de vérifier si le milieu sur lequel s'effectue le dosage est sans influence sur la coloration.

Nous avons été amenés à doser le phosphore minéral dans un milieu trichloracétique à 10 p. 100. Nous avons constaté que l'acide trichloracétique à cette concentration est sans influence sur la coloration.

b) Influence de l'acide sulfurique.

Nous avons dû également doser le phosphore dans ce même milieu 10 p. 100 en acide trichloracétique, mais amené à la normalité en acide sulfurique et hydrolysé 7 minutes au bain marie bouillant.

Dans ce cas, la coloration est plus longue à se développer; au bout des 20 minutes, elle est très légèrement inférieure à la coloration obtenue en l'absence d'acide sulfurique.

Pour ce dosage particulier, nous avons utilisé une courbe d'étalonnage établie dans un milieu normal en acide sulfurique.

II. = SÉPARATION PAR GROUPES DES COMPOSÉS PHOSPHORES

A. = PRINCIPE :

Pour séparer les différents composés par groupes, nous utilisons la technique de SCHMIDT et TANNHAUSER, modifiée par SCHNEIDER ⁽⁴⁾. Nous obtenons ainsi les fractions acido-soluble, lipidique, ribonucléique (A.R.N.), désoxyribonucléique (A.D.N.) et un résidu rebelle à l'extraction qui doit contenir les phospho-protéines.

Dans chacune de ces fractions, nous dosons le phosphore total sous forme d'orthophosphate, après minéralisation sulfo-nitro-perchlorique, par colorimétrie.

B. = MODE OPÉRATOIRE :

Les échantillons prélevés, pesant entre 8 et 15 g, sont extraits par 50 ml d'acide trichloracétique froid à 10 p. 100, à l'aide d'un homogénéiseur "Ultra Turrax".

Après centrifugation à froid, les surnageants ou "acido-soluble" sont filtrés pour écarter les plaques flottantes de graisse. Ces opérations sont répétées deux fois et doivent se faire à froid (0° C) pour éviter toute dégradation secondaire (nous opérons avec une centrifugeuse refroidie).

L'extrait acido-soluble sert au dosage du phosphore minéral, du phosphore hydrolysable, et du phosphore total acido-soluble.

Le culot de centrifugation provenant de la séparation de l'acido-soluble est traité par 60 ml d'un mélange alcool-éther (3v/1v), homogénéisé à l'ultra-turrax et abandonné 24 heures au réfrigérateur. On recueille le surnageant par centrifugation.

Après deux lavages du culot par 60 ml de mélange alcool-éther, les surnageants obtenus, rassemblés et enrichis de la graisse récupérée sur filtre lors de l'extraction acido-soluble, représentent la fraction lipidique. Après élimination du solvant, minéralisation et colorimétrie, nous obtenons le phosphore lipidique.

Le résidu, après extraction des lipides, est mis à digérer dans 60 ml de potasse normale à 37°, pendant 18 à 20 heures : la dissolution est complète. Le liquide est refroidi, amené à pH = 7 par l'acide chlorhydrique 6 N, puis acidifié par l'acide trichloracétique à 5 p. 100 jusqu'à floculation. Les surnageants recueillis après centrifugation, lavage du dépôt par l'acide trichloracétique à 5 p. 100 et nouvelle centrifugation, contiennent la fraction A.R.N. dégradée dont le phosphore est dosé après minéralisation (cette minéralisation est difficile en raison d'une abondante formation de mousse).

Le flocculat trichloracétique, formant le culot de centrifugation est traité pendant 30 minutes à 90° par de l'acide trichloracétique à 5 p.100. La solution refroidie est centrifugée, le résidu est lavé par de l'acide trichloracétique à 5 p. 100 puis centrifugé; les surnageants rassemblés contiennent la fraction A.D.N. dont le phosphore est dosé après minéralisation.

Le résidu des opérations successives est minéralisé. Son dosage colorimétrique donne le phosphore des phospho-protéines résiduelles.

III. = APPLICATION DE LA TECHNIQUE DE SCHMIDT-TANNHAUSER-SCHNEIDER A L'ÉTUDE DE LA LEVURE

Pour mettre cette technique au point, nous avons choisi d'étudier la levure parce que c'est un matériel homogène, ne nécessitant pas de broyage macroscopique, et facile à prélever, que l'on opère sur de la levure fraîche, ou sur de la levure desséchée et réduite en poudre.

A. = PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS :

Nous avons travaillé sur une levure de boulangerie fraîche du commerce (levure St Louis - Marseille).

1° Prélèvements

Nous avons prélevé la levure fraîche à l'aide d'une spatule. Entre deux prélèvements, il faut éviter de laisser la levure à l'air, car elle a fortement tendance à se dessécher.

2° Matière sèche

Les résultats, pour être comparables et significatifs, doivent naturel-

lement être rapportés à la matière sèche de l'échantillon. Nous avons prélevé dans des capsules des échantillons de levure pesant entre 300 et 700 mg. Après dessiccation à l'étuve à 100° C, jusqu'à poids constant, nous évaluons la matière sèche des échantillons. Nous obtenons les chiffres suivants :

29,6 p. 100
29,3 p. 100
29,3 p. 100
29,4 p. 100
29,4 p. 100
29,4 p. 100

La matière sèche moyenne représente 29,4 p. 100 de la matière fraîche. La levure desséchée n'a pas une forte tendance à se réhydrater.

B. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX :

Le tableau ci-après donne la répartition du phosphore dans la levure , en mg par gramme de matière sèche.

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LA LEVURE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche

	1	2	3	Moyenne
Phosphore acido-soluble total	3,92	3,90	3,82	3,88
Phosphore lipidique	0,60	0,63	0,60	0,61
Phosphore nucléique {	P. A.R.N.	7,12	7,06	7,10
	P. A.D.N.	0,43	0,40	0,38
Phosphore résiduel	0,11	0,12	0,11	0,11
Phosphore total (calculé)	12,18	12,11	12,01	12,10
Phosphore total (déterminé)	11,99			

Quelle que soit l'importance du phosphore dans la fraction considérée, le dosage colorimétrique a toujours été fait sur des aliquots compris entre 10 et 30 microgrammes, pour lesquels l'erreur colorimétrique n'excède jamais 5 p. 100.

Les chiffres du phosphore acido-soluble, obtenus pour trois prélèvements distincts, sont homogènes, l'écart maximum (de 3,82 à 3,92) ne dépasse pas 3 p. 100. Cette précision étant celle donnée, en moyenne, par la mesure colorimétrique, on peut considérer que l'extraction acido-soluble est satisfaisante.

Le chiffre de phosphore lipidique du prélèvement 2 (0,63) présente avec ceux des prélèvements 1 et 3 un écart de 5 p. 100. Bien que nous ayons admis, que l'erreur maximale sur une lecture colorimétrique était de 5 p. 100, il est logique d'envisager pour le phosphore lipidique, plus de 6 fois inférieur à celui de l'acido-soluble, une extraction moins bonne (la précision obtenue sur l'extraction dépendant naturellement de la quantité de phosphore dans la fraction envisagée). Confirmant ceci, les chiffres du phosphore de l'A.R.N. (de loin le plus important), pourtant obtenus après trois extractions, présentent entre eux une très bonne homogénéité : 7,12; 7,06; 7,10 pour les différents prélèvements.

Le phosphore de l'A.D.N., faible par rapport au phosphore des fractions précédentes est obtenu après quatre extractions. L'écart supérieur à 11 p.100 entre les chiffres des prélèvements 1 et 3, peut donc être considéré comme normal.

Le phosphore résiduel est de beaucoup le plus faible, et en tant que résidu des extractions successives, nous ne pouvons l'atteindre d'une façon précise. On peut considérer que l'écart de 9 p. 100 observé entre les chiffres des prélèvements 2 et 3, est encore normal.

Le phosphore total, calculé pour les 3 prélèvements, est à 2 p. 100 près le même que le phosphore total déterminé après minéralisation et colorimétrie.

Ces résultats témoignent donc de la bonne reproductibilité de la méthode.

Il était intéressant de les comparer avec les données de la littérature, bien que la comparaison ne soit guère significative avec un matériel comme la levure, dont la composition varie très fortement avec la souche, le mode de culture et l'âge.

Citons le travail de BOUDET et GUILLEMET ⁽⁵⁾, qui évaluent entre 1 et 7 p. 100 le taux d'A.R.N. dans la levure sèche, et entre 0,1 et 0,3 p. 100 celui d'A.D.N. Comme une molécule d'acide nucléique renferme environ 9,5 p. 100 de phosphore ⁽⁶⁾, le phosphore de l'A.R.N. doit donc représenter 0,1 à 0,7 p. 100 de la levure sèche; celui de l'A.D.N. 0,01 à 0,03 p. 100. Or, nous trouvons pour le phosphore de l'A.R.N. 0,7 p. 100 contre 0,04 p. 100 pour l'A.D.N. Compte tenu de l'approximation de nos mesures, nous pouvons considérer que ces résultats sont bien dans les limites données par la littérature.

Nous avons lieu de considérer notre mode opératoire comme satisfaisant, et d'appliquer la technique ainsi décrite à l'étude des matières premières de fabrication de la saucisse, et à la saucisse elle-même.

CHAPITRE III

**COMPOSITION ET CONSERVATION
DU MUSCLE DE TAUREAU**

Nous avons vu, dans le premier chapitre, la fabrication de la pâte de taureau à partir du muscle de taureau chaud. Par cette fabrication, le muscle primitif de l'animal fraîchement abattu passe par un stade intermédiaire : la pâte de taureau, avant de subir une maturation après laquelle il peut entrer dans la constitution de la saucisse.

Entre le premier stade (taureau chaud) et le dernier (pâte après maturation), les traitements mécaniques (broyage) et chimiques (addition d'eau et de sel), combinés à l'action enzymatique, peuvent avoir produit de profondes modifications dans les composés phosphorés. C'est ce que nous montrera une étude systématique à chacun de ces stades.

I. = PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

A. = PRÉLÈVEMENTS :

Pour essayer de bloquer les dégradations inhérentes à la mort, le matériel prélevé est immédiatement plongé dans l'azote liquide. On traite ainsi :

- 1° - le taureau chaud
- 2° - la pâte de taureau
- 3° - la pâte de taureau après maturation.

B. = BROYAGE :

Le broyage peut se faire sur l'échantillon gelé ou dégelé.

Dans le premier cas, le broyage se fait dans un "mixer" très bien refroidi. On obtient une poudre fine se prêtant bien à des prélèvements homogènes, à condition de très bien refroidir tout le matériel utilisé.

Dans le deuxième cas, dès que l'échantillon a repris son aspect initial, il est broyé dans un "mixer" froid, avec une quantité d'eau froide connue, jusqu'à obtention d'une pâte suffisamment liée pour permettre des prélèvements significatifs.

Pour des raisons de commodité, nous avons adopté cette dernière méthode pour l'ensemble des échantillons.

L'optimum d'eau à introduire pour obtenir un broyat ni trop épais ni trop fluide est de 50 ml pour 100 grammes de taureau chaud. La pâte de taureau, hydratée au cours de la fabrication, ne nécessite pas d'addition d'eau.

C. = MATIÈRE SÈCHE :

Pour les trois échantillons, les matières sèches ont été déterminées par dessiccation à 100° C, jusqu'à poids constant. On trouve :

24,00 p. 100 de matière sèche dans le taureau chaud, pour
13,66 p. 100 dans la pâte de taureau, et
13,56 p. 100 dans la pâte de taureau après maturation.

La comparaison entre les deux derniers chiffres montre que la pâte de taureau ne subit pas de dessiccation appréciable au cours de la maturation (48 h. à 4°).

Nous rappelons ici la composition de la pâte de taureau :

40,0 kg de taureau chaud à 24,00 p. 100,	soit 9,6 kg de matière sèche
35,0 kg d'eau glacée, de matière sèche négligeable, soit 0,0 kg de matière sèche	
<u>1,1 kg de mélange salin à 100,00 p. 100,</u>	<u>soit 1,1 kg de matière sèche</u>
76,1 kg	10,7 kg

Nous obtenons par le calcul une matière sèche de 10,7 kg pour 76,1 kg de pâte de taureau. La matière sèche calculée de la pâte de taureau (14,1 p. 100) est donc, aux erreurs d'expérience près, la même que la matière sèche déterminée (13,66 p. 100).

II. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous avons exprimé le phosphore en mg par gramme de matière sèche du muscle, pour cela, les résultats relatifs à la pâte de taureau ont été multipliés par le coefficient $\frac{10,7}{9,6} = 1,12$ (rapport de la matière sèche de la pâte à celle du muscle).

A titre d'exemple, et pour montrer la reproductibilité des résultats, nous donnons, dans un 1^{er} tableau, la répartition du phosphore dans le muscle de taureau chaud, faite sur deux prélèvements distincts.

Dans les tableaux ultérieurs, nous ne conserverons que les valeurs moyennes, établies de la même manière qu'ici.

TABLEAU I

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LE MUSCLE DE TAUREAU
en mg de phosphore par gramme de matière sèche

	1	2	Moyenne
Phosphore acido-soluble total	5,37	5,52	5,45
Phosphore lipidique	0,81	0,78	0,79
Phosphore nucléique {	P. A.R.N. 0,76	0,76	0,76
	P. A.D.N. 0,02	0,01	0,02
Phosphore résiduel	0,07	0,05	0,06
Phosphore total (calculé)	7,03	7,12	7,08
Phosphore total (déterminé)	7,00		

Ici comme pour la levure, les chiffres élevés du phosphore acido-soluble sont obtenus avec 3 p. 100 d'écart; ceux du phosphore lipidique, plus petits, avec 4 p. 100; même homogénéité encore entre les chiffres du phosphore de l'A.R.N.

Le phosphore de l'A.D.N. et le phosphore résiduel ne sont pas significatifs. Celui de l'A.D.N. est si faible qu'on ne sait s'il doit être attribué à l'A.D.N. lui-même, ou s'il doit être considéré comme un résidu de l'extraction précédente.

La même question se pose pour le phosphore résiduel, faible lui aussi, qui peut appartenir aux phospho-protéines ou constituer le résidu des extractions successives.

Les phosphores totaux calculés présentent entre eux une homogénéité satisfaisante. A titre de vérification, le phosphore total a été déterminé directement sur l'échantillon après minéralisation. Nous obtenons les chiffres moyens de 7,08 pour le phosphore calculé, et 7,00 pour le phosphore déterminé; l'écart est inférieur à 2 p. 100.

Appliquée à ce matériel si différent de la levure, la méthode de SCHMIDT -TANNHAUSER - SCHNEIDER est donc toujours aussi satisfaisante.

Le tableau II permet de comparer la répartition des composés phosphorés à chacun des stades envisagés.

Les résultats y sont exprimés en mg de phosphore par gramme de la matière sèche du muscle, et en p. 100 de phosphore rapporté au phosphore total de la matière.

TABLEAU II

CONSERVATION DES COMPOSÉS PHOSPHORÉS DANS LE MUSCLE DE TAUREAU

en mg de phosphore par gramme de matière sèche du muscle
et p. 100 par rapport à la teneur en phosphore total du muscle.

	Taureau chaud		Pâte de taureau		Pâte de taureau Après maturation		
	mg/g	p.100	mg/g	p.100	mg/g	p.100	
Phosphore acido-soluble total	5,45	77,0	5,55	78,7	5,56	78,5	
Phosphore lipidique	0,79	11,2	0,83	11,7	0,82	11,6	
Phosphore nucléique {	P. A.R.N.	0,76	10,7	0,56	7,9	0,58	8,2
	P. A.D.N.	0,02	0,3	0,00	0,0	0,00	0,0
Phosphore résiduel	0,06	0,8	0,08	1,1	0,05	0,7	
Phosphore total (calculé)	7,08	100	7,02	99,4	7,01	99,0	
Phosphore total (déterminé)	7,00		7,10		7,15		

Les phosphores acido-solubles totaux sont, à 2 p. 100 près, les mêmes pour les trois prélèvements.

Cependant, le phosphore acido-soluble, qui représente plus des trois quarts du phosphore total du muscle, soit 77,0 p. 100; 78,7 p. 100; et 78,5 p. 100, a cru de façon significative. Le reste se répartit dans les fractions lipidique (11,5 p. 100 en moyenne) et A.R.N.

Présent à 10,7 p. 100 dans le muscle frais, le phosphore de l'A.R.N. n'est plus que les 7,9 et 8,2 p. 100 du total dans la pâte de taureau avant et après maturation.

Le phosphore de l'A.D.N., faible dans le muscle frais (0,3 p. 100), est absent dans la pâte de taureau.

Les chiffres de phosphore résiduel, faibles aussi, ne sont pas très significatifs.

Le phosphore total du muscle a été calculé et déterminé au niveau de chaque prélèvement. Les six chiffres obtenus présentent entre eux une homogénéité satisfaisante.

III. = DISCUSSION

Le tableau II a pour but de montrer l'influence des traitements industriels aboutissant à la pâte de taureau, sur le muscle frais (taureau chaud).

Toutefois, la répartition du phosphore que nous donnons, pour le muscle frais, n'est qu'une approximation. En effet, le broyage à 0° C, tel que nous l'avons pratiqué, apporte sûrement des modifications dans le muscle jusque là stabilisé dans l'azote liquide.

Ce problème ne se pose pas pour les 2 échantillons de pâte de taureau qui ont déjà subi, à l'échelle industrielle, un broyage à la température

ordinaire, et qui par conséquent, ne doivent plus être altérés par un broyage à 0°.

Nous ne trouvons le phosphore de l'A.D.N. qu'à l'état de traces dans le muscle frais; ceci laisse supposer que cette fraction a été dégradée par le broyage à 0° C. Il est donc normal que le phosphore désoxyribonucléique soit entièrement dégradé dans la pâte de taureau broyée à 18° C.

Le phosphore de l'A.R.N. est encore présent dans le muscle frais (après broyage à 0° C), à raison de 0,76 mg par gramme de matière sèche. On en retrouve 0,56 et 0,58 mg dans la pâte de taureau avant et après maturation. La maturation est donc sans effet notable sur le phosphore ribonucléique de la pâte initiale; il n'en est pas de même du broyage à 18° C qui le dégrade pour 26 p.100 par rapport à notre chiffre du muscle frais. Dans l'ensemble, ce phosphore résiste beaucoup mieux qu'on ne pouvait s'y attendre, à l'action des enzymes libérées par le broyage à 18° C, et aux actions chimiques dues à la maturation.

Le phosphore ribonucléique, dégradé par ce traitement, doit se retrouver dans l'acido-soluble de la pâte de taureau; mais une dégradation de 0,20 mg, soit 26 p.100, au niveau de l'A.R.N. ne peut se répercuter sur le chiffre énorme de l'acido-soluble : elle ne l'élèverait même pas de 4 p.100, écart imputable à une erreur d'expérience.

Le phosphore lipidique est insensible aux traitements envisagés; nous le trouvons dans les trois échantillons, à raison de 0,79; 0,83; et 0,82 mg par gramme de matière sèche.

Le phosphore résiduel obtenu, nous l'avons déjà dit, avec peu de précision, est petit et ne mérite pas discussion. Comme les dégradations produites sont négligeables, par rapport au phosphore de l'acide soluble, ce dernier est sensiblement le même, à chacun des stades.

En conclusion, la maturation est sans effet sur la composition des grandes classes de phosphore.

Le broyage à 18° C dégrade entièrement l'A.D.N. et fait passer environ le quart du phosphore ribonucléique présent dans le muscle frais (après broyage à 0° C) dans l'acido-soluble. Il est sans effet sur le phosphore lipidique qui ne varie pas au cours de ces opérations.

CHAPITRE IV

CONSTITUANTS DE LA CHAIR A SAUCISSE

Rappelons brièvement que la chair à saucisse se compose de :

- 1° - pâte de taureau (après maturation)
- 2° - pâte de bœuf
- 3° - gras salé

et secondairement, de ferments lactiques.

Quelle est la composition de chacun de ces constituants, et quelle est leur participation au phosphore de la chair à saucisse ?

Ce sont là deux points qu'il était nécessaire de préciser.

I. = PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

A. = PRÉLÈVEMENTS :

Comme la pâte de taureau, celle de bœuf est immédiatement congelée par immersion dans l'azote liquide. La chair à saucisse subit le même traitement. Le gras salé est seulement conservé au réfrigérateur.

B. = BROYAGE :

La chair à saucisse et la pâte de bœuf, comme celle de taureau, sont broyées à l'état dégelé.

L'optimum d'eau à introduire est de :

- 50 ml pour 100 g de pâte de bœuf
- 75 ml pour 100 g de chair à saucisse.

Le gras salé est broyé sans addition d'eau.

C. = MATIÈRES SÈCHES :

Les matières sèches, obtenues par la méthode déjà décrite, représentent :

13,56 p.100 de la matière fraîche dans la pâte de taureau
29,50 p.100 de la matière fraîche dans la pâte de bœuf
75,35 p.100 de la matière fraîche dans le gras salé.
36,90 p.100 de la matière fraîche dans la chair à saucisse.

Les ferments lactiques sont introduits à l'état sec.

Or, pour cette fabrication précise, les constituants ont été introduits dans les proportions suivantes :

pâte de taureau	: 35,0 kg	soit	4,75 kg	de matière sèche
pâte de bœuf	: 20,0 kg	soit	5,90 kg	de matière sèche
gras salé	: 35,0 kg	soit	26,40 kg	de matière sèche
ferments lactiques	: 0,5 kg	soit	0,50 kg	de matière sèche
eau	: <u>8,5 kg</u>	soit	<u>0,00 kg</u>	de matière sèche
	99,0 kg		37,55 kg	

Nous obtenons par le calcul une matière sèche de 37,55 kg pour 99,0 kg de chair à saucisse. La matière sèche calculée (38,0 p.100) de la chair à saucisse est donc, aux erreurs d'expérience près, la même que la matière sèche déterminée (36,9 p.100).

II. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous donnons, dans les tableaux III et III', la répartition du phosphore dans les composants de la chair à saucisse. Dans le tableau III', nous donnons, pour leur intérêt documentaire, les résultats en mg de phosphore par gramme de matière sèche des différents constituants.

TABLEAU III'

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LES CONSTITUANTS DE LA CHAIR A SAUCISSE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de chaque constituant

	Pâte de taureau après maturation	Pâte de bœuf	Gras salé	Ferment lactique
Phosphore acido- soluble total	5,02	4,72	0,42	7,22
Phosphore lipidique	0,74	0,55	0,37	0,10
Phosphore { nucléique { P. ARN	0,52	0,38		2,18
{ P. ADN	0,04	0,08		0,05
Phosphore résiduel				
Phosphore total (calculé)	6,32	5,73	0,79	9,55
Phosphore total (déterminé)	6,50	5,69	0,78	9,40

Dans le tableau III, nous exprimons les résultats, pour chaque constituant, en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse. Il suffit pour cela, de multiplier les résultats, exprimés en mg par gramme de matière sèche des constituants 1, 2, 3, 4, respectivement par les rapports :

$$\frac{4,75}{37,55} = 0,126 \quad (\text{pâte de taureau})$$

$$\frac{5,90}{37,55} = 0,157 \quad (\text{pâte de bœuf})$$

$$\frac{26,40}{37,55} = 0,704 \quad (\text{gras salé})$$

$$\frac{0,5}{37,55} = 0,0133 \quad (\text{ferments lactiques})$$

TABLEAU III

REPARTITION DU PHOSPHORE DANS LES CONSTITUANTS DE LA CHAIR A SAUCISSE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse

	1	2	3	4	5	6
	Pâte de taureau après maturation	Pâte de bœuf	Gras salé	Ferment lactique	Chair à saucisse	
					calculé (1+2+3+4)	déterminé
Phosphore acido- soluble total	0,633	0,741	0,297	0,096	1,767	1,850
Phosphore lipidique	0,094	0,086	0,259	0,001	0,440	0,350
Phosphore P. ARN nucléique ----- P. ADN	} 0,065	0,060		0,029	0,154	} 0,172 0,200
Phosphore résiduel					0,018	
Phosphore total (calculé)	0,797	0,899	0,556	0,127	2,379	2,400
Phosphore total (déterminé)	0,820	0,893	0,550	0,125	2,381	2,440

Les colonnes 1, 2, 3 et 4 sont relatives aux constituants, les colonnes 5 et 6 à la chair à saucisse.

Les chiffres de la colonne 5 sont calculés : ils représentent la somme du phosphore apporté par les 4 constituants.

Ceux de la colonne 6 proviennent de mesures faites sur la chair à saucisse.

Sur le gras salé, qui contient de petits morceaux de viande, nous avons seulement séparé l'acido-soluble, en considérant que le résidu correspondait aux lipides.

Les chiffres de la colonne 4, relative aux ferments lactiques, se séparent nettement des autres par leur petitesse : c'est que le facteur multiplicatif est ici très petit (0,013).

La participation au phosphore total de la chair à saucisse, apportée par les ferments est faible. Il est cependant utile d'introduire cette colonne puisque cette participation est de 5,4 p.100 au niveau du phosphore acido-soluble, et de 18,9 p.100 au niveau du phosphore de l'A.R.N.

Dans les colonnes 1, 2 et 4, le phosphore acido-soluble représente respectivement 79,4; 82,4 et 75,7 p.100 du phosphore total de l'échantillon. Ce taux n'est que de 53,4 p.100 dans la colonne 4 (gras salé).

Le gras salé apporte à la chair à saucisse 58,9 p.100 de son phosphore lipidique (calculé); le reste est apporté en quantités à peu près égales par la pâte de taureau et celle de bœuf (respectivement 21,4 et 19,5 p.100).

Pour les différents constituants, le phosphore de l'A.D.N. et du résidu sont très petits : nous donnons un seul chiffre correspondant à l'ensemble des 2 fractions. Pour la même raison, dans la chair à saucisse, nous avons arrêté les séparations au niveau du phosphore lipidique, et dosé le phosphore sur ce résidu de l'extraction lipidique.

Les chiffres de la colonne 5 sont, dans l'ensemble, comparables à ceux de la colonne 6, excepté au niveau du phosphore lipidique. Les 2 chiffres diffèrent en effet de 20 p.100, ce qui dépasse l'erreur admise sur la mesure. Ecart aussi de 14 p.100 au niveau du reste A.R.N.+A.D.N. + résidu (surtout représentatif de l'A.R.N.), mais ici, les chiffres calculés résultent de si nombreuses déterminations que cet écart est explicable.

III. = DISCUSSION

Nous devons ici justifier l'expression des résultats, dans le tableau III, en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse : sous cette forme, nous pouvons rendre compte de la participation apportée, par chaque constituant, au phosphore total et au phosphore des différentes fractions de la chair à saucisse.

La concordance entre les chiffres de phosphore total, calculés et déterminés, pour la chair à saucisse, devait être nécessairement vérifiée à ce stade. Si en effet, à l'échelle du laboratoire, il va de soi que ces chiffres sont forcément les mêmes (aux erreurs d'expérience près), il n'en est plus de même à l'échelle industrielle : les prélèvements que nous avons faitssont petits devant les kg brassés. En conséquence, nous ne sommes pas à l'abri d'un manque d'homogénéité du prélèvement; enfin, nous avons signalé le rôle personnel de l'opérateur, à chaque stade de la fabrication.

Le procédé de fabrication ne peut donc être rigoureux comme une expérience de laboratoire. Nous avons essayé de remédier à cet inconvénient en assistant de près à la fabrication, de façon à prendre le plus de renseignements possibles.

Nous obtenons 2,38 et 2,44 mg pour le phosphore total calculé et déterminé, ce qui est tout à fait satisfaisant.

Dans la pâte de bœuf, le chiffre de phosphore acido-soluble est légèrement plus élevé que dans celle de taureau : 82,4 p.100 du phosphore total de l'échantillon dans la première, au lieu de 79,4 p.100 dans la deuxième.

D'autre part, la comparaison de ces pâtes, au niveau du phosphore lipidique et ribonucléique qui représentent respectivement 9,6 et 6,7 p.100 du phosphore total dans la pâte de bœuf, et 11,8 et 8,2 p.100 du phosphore total dans la pâte de taureau, montre une sensible supériorité des chiffres relatifs au taureau. Il semble donc que le bœuf est dans un état de dégradation légèrement plus avancé que le taureau.

Nous expliquons la forte proportion d'acido-soluble dans le gras salé (53,4 p.100) par la présence, en quantité non négligeable, de petits morceaux de viande. Peut-être y a-t-il aussi une certaine dégradation des phosphatides initiaux du gras, car le phosphore lipidique diminue de 20 p.100, de la colonne 5 à la colonne 6. En valeur absolue, la différence, quand on passe du chiffre calculé au chiffre expérimental est de + 0,083 pour le phosphore acido-soluble, et de - 0,090 pour le phosphore lipidique. Il y a lieu de se demander, s'il n'y a pas une certaine dégradation des phosphatides, dans cette phase ultime de la fabrication de la chair à saucisse. On pourrait l'attribuer à l'action des enzymes de la viande sur les phosphatides du gras, ou bien, à des conditions de milieu, désormais plus favorables à cette dégradation.

CHAPITRE V

ÉTUDE DE LA SAUCISSE APPERTISÉE

L'étude de la saucisse appertisée permet d'établir, par comparaison avec la chair à saucisse, l'influence de l'appertisation sur la répartition des composés phosphorés de la chair à saucisse. Comme la saucisse appertisée est destinée à être conservée, nous avons cherché également quelle était l'influence du temps sur la répartition des composés phosphorés dans la saucisse appertisée et sur ses qualités organoleptiques.

Cette étude a été faite sur deux lots de fabrication A et B. Sur les boîtes du lot A, nous nous sommes familiarisés avec le matériel examiné et nous avons étudié l'influence du temps. Sur les boîtes du lot B, nous avons recherché l'influence de l'appertisation. Pour ce lot, nous avons assisté à la fabrication au cours de laquelle nous avons fait les prélèvements analysés dans les chapitres précédents.

Les boîtes du lot A ont été fabriquées dans la même usine, en principe selon les mêmes procédés, mais nous n'avons pas assisté à la fabrication.

I. = INFLUENCE DE L'APPERTISATION

Nous étudions ici la saucisse appertisée provenant de la chair à saucisse analysée au chapitre IV.

A. = PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS :

1° Contenu d'une boîte de saucisse

Dans la boîte, nous trouvons six saucisses pesant environ 220 grammes et baignant dans 190 ml de jus.

2° Broyage

Nous avons broyé une seule saucisse sur les six présentes, en supposant qu'elles avaient toute la même composition, ce qui s'est trouvé confirmé. Une saucisse égouttée est pesée puis broyée au microbroyeur DURREL et SAUSSE, avec une quantité d'eau déterminée. La quantité d'eau optimum à introduire est de 75 ml pour 100 grammes de saucisse.

3° Matière sèche

Dans le cas particulier de la boîte de saucisse, on doit tenir compte de la matière sèche du jus. Cette matière sèche ne nous intéresse que dans la mesure où elle provient de la saucisse : il faudra donc faire une correction, car le jus est une saumure à 3° Baumé.

Nous obtenons, pour la saucisse appartisée, une matière sèche de 38,4 p. 100. Après déduction du poids sec introduit par la saumure, on trouve que la matière sèche du jus est négligeable.

La matière sèche de la saucisse (38,4 p.100) peut donc être comparée à celle de la chair à saucisse (37,0 p.100).

Ces matières sèches résultant de déterminations directes, l'excès de 1,4 p.100, observé pour la saucisse, peut être attribué en partie à l'absorption par cette dernière du sel de la saumure. Nous avons négligé cette absorption.

B. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX :

La boîte de saucisse a été analysée dès réception. Les résultats rassemblés dans le tableau IV sont exprimés en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse (colonne 4), et de la saucisse (colonnes 1 - 2 - 3).

Les chiffres de la colonne 3 sont calculés par addition des chiffres relatifs au jus et à la saucisse. Sous cette forme, une comparaison est possible entre les colonnes 3 et 4 respectivement relatives à la boîte entière et à la chair à saucisse. Elle permet de rendre compte des effets de l'appertisation sur la chair à saucisse.

TABLEAU IV

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LA BOITE DE SAUCISSE (lot B)

COMPARAISON AVEC LA CHAIR A SAUCISSE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse (4) et de la saucisse (1 - 2 - 3)

	1	2	3	4
	Jus	Saucisse appertisée	1 + 2	Chair à saucisse
Phosphore acido-soluble total	1,280	0,802	2,082	1,850
Phosphore lipidique	0,000	0,267	0,267	0,350
Phosphore nucléique { P. A.R.N. ----- P. A.D.N.	0,000	0,163	0,163	0,200
Phosphore résiduel				
Phosphore total (calculé)	1,280	1,232	2,512	2,400
Phosphore total (déterminé)	1,270	1,210	2,480	2,440

Le jus contient 0,57 mg de phosphore total par ml, entièrement formés de phosphore acido-soluble, soit pour 190 ml, 108 mg de phosphore. La saucisse contient 38,4 p.100 de matière sèche, et 1,21 mg de phosphore total par gramme de matière sèche. Comme la boîte contient 220 grammes de saucisse, ceci porte à 102 mg le phosphore total contenu dans la saucisse, et à 210 mg le phosphore de la boîte entière.

C. = DISCUSSION :

L'appertisation entraîne certaines dégradations des composés phosphorés, puisqu'elle fait passer le taux du phosphore acido-soluble de 77 p.100 dans la chair à saucisse à 83 p.100 dans la boîte; 32 p.100 seulement reviennent à la saucisse. Les 51 p.100 restant reviennent au jus. Il y a donc une diffusion importante du phosphore acido-soluble, de la saucisse vers le jus.

Le phosphore lipidique, présent à 15 p.100 dans la chair à saucisse, n'est plus que les 11 p.100 du phosphore de la saucisse et du jus. Ceci correspond à une diminution de 27 p.100 du phosphore lipidique : l'appertisation est donc, de toutes les opérations envisagées, la plus capable de dégrader les lipides phosphorés, et cela de façon importante.

Le phosphore du résidu après extraction lipidique, attribuable en presque totalité à l'A.R.N., passe de 8,3 p.100 dans la chair à 6,5 p.100 dans la boîte, ce qui correspond à une diminution d'environ 20 p.100 du phosphore ribonucléique.

D'autre part, le phosphore acido-soluble présent dans la boîte a augmenté de 6 p.100 par rapport au phosphore total, soit de la quantité dont ont diminué en tout le phosphore lipidique et nucléique. On peut dire que l'appertisation entraîne une dégradation partielle du phosphore de ces fractions qui vient enrichir l'acido-soluble; la lixiviation de la saucisse par le jus provoque la sortie de 51 p.100 de ce phosphore acido-soluble.

II. = INFLUENCE DU TEMPS

Ce travail porte sur deux boîtes provenant du lot A. L'une a été analysée dès réception, nous l'avons appelée boîte I. L'autre, II, a été conservée dix mois au réfrigérateur avant d'être analysée.

A. = CONTENU DE LA BOITE DE SAUCISSE ET CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES DU PRODUIT :

Dans les deux boîtes, les six saucisses pèsent aussi 220 grammes; le volume du jus est encore de 190 ml. Nous avons goûté une saucisse de chaque boîte, après égouttage et immersion pendant 10 minutes dans l'eau bouillante. La saveur et l'odeur sont apparemment les mêmes.

B. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX :

Le tableau V donne la répartition du phosphore dans la saucisse et dans le jus, pour deux séries de mesures I et II effectuées sur des boîtes du même lot (A), à dix mois d'intervalle.

Les colonnes 1 et 1' sont respectivement relatives au jus des boîtes I et II; les colonnes 2 et 2', à la saucisse des mêmes boîtes. Les chiffres des colonnes 3 et 3' sont obtenus par addition de ceux des colonnes 1, 2 et 1', 2'.

TABLEAU V

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LA BOITE DE SAUCISSE I (lot A)

COMPARAISON AVEC LA BOITE CONSERVÉE II (lot A)

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la saucisse

	1	2	3	1'	2'	3'
	Jus I	Saucisse appertisée I	1 + 2	Jus II	Saucisse appertisée II	1' + 2'
Phosphore acido- soluble total	0,805	0,930	1,735	0,890	0,886	1,776
Phosphore lipidique	0,000	0,266	0,266	0,000	0,217	0,217
Phosphore { P. ARN nucléique { P. ADN	0,000	0,038	0,038	0,000	0,117	0,117
Phosphore résiduel						
Phosphore total (calculé)	0,805	1,234	2,039	0,890	1,220	2,110
Phosphore total (déterminé)	0,800	1,230	2,030	0,885	1,215	2,100

Le jus contient 0,41 mg de phosphore total par ml dans la série I, et 0,44 mg dans la série II, formé entièrement de phosphore acido-soluble, soit pour 190 ml de jus, respectivement 77,9 et 83,6 mg de phosphore.

La saucisse contient 43,8 p.100 de matière sèche pour I, et 42,7 p.100 pour II. Chaque boîte contient 220 grammes de saucisse qui portent à 118,1 et 113,8 mg le phosphore total contenu dans la saucisse et à 196,0 et 197,4 mg de phosphore le contenu de la boîte entière.

C. = DISCUSSION :

On note un léger enrichissement du jus (de 0,805 à 0,890 mg par gramme de matière sèche) au dépend du phosphore acido-soluble de la saucisse qui passe de 0,930 à 0,886 mg.

Les chiffres du phosphore nucléique sont sans doute mauvais. En conséquence, on ne peut pas interpréter la diminution du phosphore lipidique, de la colonne 3 à la colonne 3'.

Dans l'ensemble, la conservation pendant dix mois, au réfrigérateur, d'une boîte de saucisse, ne semble pas entraîner de modifications importantes des grandes classes du phosphore.

CHAPITRE VI

ÉTUDE DES ACIDO - SOLUBLES

La quantité élevée de phosphore trouvée dans l'acido-soluble, et l'importance des constituants qu'il renferme, nécessitaient une étude plus particulière de cette fraction.

Nous avons recherché quelle était la nature des constituants phosphorés de l'acido-soluble, et quelle était la variation du taux de phosphore minéral (témoin de la dégradation des composés phosphorés), d'un stade de la fabrication à un autre.

Il était intéressant enfin de savoir s'il subsistait des nucléotides, et plus particulièrement de l'ATP, dans l'acido-soluble de la saucisse.

I. = NATURE DES CONSTITUANTS DE L'ACIDO-SOLUBLE

A. = TECHNIQUES :

Nous avons utilisé la méthode de KAPLAN et GREENBERG ⁽⁷⁾ pour séparer les différents constituants phosphorés acido-solubles. Le principe en est le suivant : par action de la baryte, on sépare une fraction dont les sels de baryum sont solubles, d'une autre dont les sels sont insolubles. Chacune de ces fractions est alors soumise à une série d'opérations au terme desquelles nous obtenons une séparation de tous les composés phosphorés.

Une partie aliquote de notre acido-soluble est additionnée d'eau de baryte saturée, en présence de phénol phtaléine, jusqu'à virage au rouge. Nous séparons, par centrifugation, le précipité obtenu (sels de baryum insolubles) du surnageant (sels de baryum solubles). Au dosage, le surnageant se révèle exempt de phosphore; les constituants phosphorés de l'acido-soluble sont donc tous sous forme de sels de baryum insolubles.

Dans ces conditions, ces constituants ne peuvent être que :

- des phosphates minéraux
- des nucléotides
- des phospho-glycéates.

Le précipité barytique est repris par de l'acide trichloracétique à 10 p.100, et débarrassé du baryum par un léger excès d'acide sulfurique. Sur la solution obtenue, on peut doser :

- le phosphore minéral par colorimétrie directe
- le même phosphore augmenté du phosphore thermo-labile, par colorimétrie après une hydrolyse de 7 minutes, à 100°, en milieu normal en acide sulfurique.

On peut assimiler ce phosphore thermo-labile obtenu par différence, aux deux tiers du phosphore des nucléotides triphosphates.

B. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX :

L'étude de l'acido-soluble précipitable par la baryte porte sur deux séries d'expériences effectuées sur la saucisse appertisée A. Elle n'a pas été faite sur le jus dont le phosphore est entièrement minéral.

Le phosphore total de l'extrait est compris entre 0,91 et 0,94 mg par gramme de matière sèche pour l'une, entre 0,93 et 0,96 pour l'autre. Les chiffres correspondants, pour les précipités barytiques, sont 0,91-0,94 et 0,92-0,97. La totalité du phosphore est donc précipitable par la baryte.

Il se produit une certaine dégradation des composés organiques phosphorés au cours du traitement du précipité. Nous avons réussi, en évitant tout échauffement et en opérant rapidement, à limiter cette dégradation. Le phosphore minéral primitif étant de 0,70-0,74 et 0,73-0,77 pour ces deux séries d'expériences, nous avons trouvé 0,72-0,76 et 0,73-0,77 de phosphore minéral dans le précipité. De plus, les expériences sont reproductibles.

Il est évident que pour toutes nos séries de mesure, il était plus avantageux de doser le phosphore minéral et le phosphore thermo-labile, directement sur l'acido-soluble, puisqu'il ne semble pas y avoir, en quantité notable, de constituants à sel de baryum soluble : créatine phosphate, nucléotides solubles dans la baryte, phospho-pyruvate, glycéro-phosphate, glucose-1-phosphate, glucose-6-phosphate.

II. - RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LA FRACTION ACIDO-SOLUBLE, AUX DIFFÉRENTS STADES DE LA FABRICATION.

Le phosphore minéral a été dosé avant et après hydrolyse sur l'extrait trichloracétique conservé à 0° C jusqu'à là, pour éviter toute dégradation secondaire.

A. = MUSCLE DE TAUREAU :

1° - Résultats expérimentaux

Le tableau VI permet de comparer la répartition du phosphore acido-soluble minéral, avant et après hydrolyse, dans le taureau chaud et dans la pâte de taureau avant et après maturation. Le phosphore est exprimé en mg par gramme de matière sèche du muscle.

TABLEAU VI

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS L'ACIDO-SOLUBLE DU MUSCLE DE TAUREAU

en mg de phosphore par gramme de matière sèche du muscle
et en p.100 par rapport à la teneur en phosphore de l'acido-soluble du muscle

	1		2		3	
	Taureau chaud		Pâte de taureau		Pâte de taureau après maturation	
	mg/g	p.100	mg/g	p.100	mg/g	p.100
Phosphore minéral	4,52	83,0	4,49	82,4	4,85	89,0
Phosphore minéral après hydrolyse	4,62	84,8	4,65	85,4	5,23	96,0
Phosphore thermo-labile (1)	0,10	1,8	0,16	3,0	0,38	7,0
Phosphore de "l'A.T.P." (2)	0,15	2,7	0,24	4,5	0,57	10,5
Phosphore acido-soluble total	5,45	100,0	5,55	100,2	5,56	100,3

(1) différence entre le phosphore minéral hydrolysé et le phosphore minéral

(2) phosphore thermo-labile $\times \frac{3}{2}$

La plus grande partie du phosphore acido-soluble est sous forme de phosphate minéral qui représente respectivement, pour les trois constituants dans l'ordre du tableau : 83,0; 82,4 et 89,0 p.100 du phosphore acido-soluble du muscle. Le phosphore hydrolysé est de 2,2; 3,6 et 7,8 p.100 supérieur au phosphore minéral de l'échantillon, respectivement pour le taureau chaud et la pâte de taureau avant puis après maturation.

Pour cette dernière seulement, l'écart de 7,8 p.100 dépasse celui admis dans nos mesures. Cependant, pour les autres prélèvements, cet écart mérite peut-être d'être relevé autrement que comme une erreur d'expérience. En effet, les déterminations de phosphore acido-soluble minéral ont été faites après très peu d'opérations et sur un extrait riche en phosphore, donc avec le maximum de précision. En outre, on retrouve cet écart, toujours dans le même sens, pour les deux ou trois échantillons distincts à partir desquels nous avons calculé les chiffres moyens.

A titre d'exemple, nous donnons le phosphore minéral, avant et après hydrolyse, dans le muscle de taureau chaud, déterminé sur deux échantillons distincts :

— phosphore [⊗] acido-soluble minéral	4,49	4,54
— phosphore [⊗] après hydrolyse	4,60	4,65
différence (P thermo-labile)	0,11	0,09

[⊗] en mg par gramme de matière sèche du muscle.

Sur ces bases, nous attribuons cette différence au phosphore thermo-labile présent dans l'acido-soluble. Il est probable que ce phosphore provient de la dégradation des nucléotides triphosphates, et plus particulièrement de l'ATP^{*}, prédominant dans le muscle. Au cours de cette dégradation, deux chaînons phosphoriques sur trois sont libérés, d'où le facteur

* adénosine triphosphate

trois-demi par lequel nous multiplions la différence, pour rendre compte de la teneur en phosphore de l'ATP.

2° - Discussion

Alors que le traitement du muscle (broyage et maturation) n'entraînait, sauf au niveau de l'ARN, aucune modification notable dans les grandes classes du phosphore, l'étude de l'acido-soluble révèle des changements intéressants au sein de cette fraction.

Si le phosphore acido-soluble total est le même à chaque stade, le phosphore acido-soluble minéral, inchangé dans la pâte de taureau, augmente de 6,6 p.100 après la maturation : il s'est donc produit une hydrolyse de certains composés phosphorés présents dans l'acido-soluble.

Le phosphore thermo-labile augmente progressivement, de la colonne 1 à la colonne 3. Dans la pâte de taureau, après maturation, il atteint le taux significatif de 7 p.100. D'autre part, il semble (malgré le peu de signification du calcul) que le phosphore organique, calculé, augmente par suite du broyage. De 0,93 mg (5,45 - 4,52) dans le muscle frais, il passe à 1,06 mg (5,55 - 4,49) dans la pâte de taureau. Nous ne considérerons pas les chiffres en eux-mêmes, mais le sens de la variation, c'est-à-dire l'augmentation, même en petite quantité, du phosphore organique.

Ceci pourrait s'interpréter par le passage dans l'acido-soluble des 0,20 mg de phosphore ribonucléique manquant dans la pâte de taureau (tableau II), et dont une partie (P. ATP de la pâte de taureau - P. ATP du taureau chaud, soit $0,24 - 0,15 = 0,9$ mg) serait suffisamment, mais pas totalement dégradée pour libérer du phosphore dans les conditions d'hydrolyse de l'ATP.

Le phosphore organique présent dans l'acido-soluble après maturation n'est plus que de 0,71 mg. Il a donc diminué d'environ 0,35 mg au profit du phosphore minéral.

Nous en déduisons que la maturation produit des dégradations dans les composés phosphorés acido-solubles. A ce stade, au niveau du phosphore acido-soluble organique, nous interprétons l'augmentation remarquable (0,33 mg) de l'ATP en faisant l'hypothèse suivante : la maturation aurait pour conséquence de dégrader une certaine quantité du phosphore acido-soluble organique provenant de l'A.R.N., en partie jusqu'au stade de phosphore hydrolysable, en partie jusqu'au stade de phosphate minéral. Comme cela ne suffit pas à expliquer l'augmentation de 0,33 mg, nous supposons que le broyage à 0° C du muscle frais a déjà dégradé une partie de l'A.R.N. initial en produits acido-solubles organiques, eux aussi amenés, au cours de la maturation, en partie au stade de composés hydrolysables (ATP ?) et en partie au stade de phosphate minéral.

Les calculs qui nous ont servi à étayer notre hypothèse ne sont pas très significatifs, eu égard aux erreurs d'expérience; mais comme pour trois échantillons distincts nous retrouvons des variations comparables, et toujours dans le même sens, cette interprétation nous paraît valable. Nous donnons ci-dessous le schéma du mécanisme.

MATÉRIEL	TRAITEMENTS	COMPOSITION DE L'ACIDO-SOLUBLE ET DE L'A.R.N.	
Muscle frais	aucun traitement	A.S.	A
		A.R.N.	B
Muscle frais	broyage au laboratoire à 0° C, en vue de l'analyse	A.S.	$A + x$ $\left\{ \begin{array}{l} a = P \text{ minéral} \\ b = P \text{ organique} \\ \text{polynucléotidique} \\ c = P. \text{ de l'ATP} \end{array} \right.$
		A.R.N.	$B - x$
Muscle frais	broyage industriel à 18° C	A.S.	$A + \underbrace{x + y}_{\downarrow}$ $\left\{ \begin{array}{l} a' = a \\ b' > b \\ c' > c \end{array} \right.$
		A.R.N.	$B - x - y$ $y = 20 \text{ mg}$
Pâte de taureau	maturation	A.S.	$A + \underbrace{x + y}_{\downarrow}$ $\left\{ \begin{array}{l} a'' > a' \\ b'' < b' \\ c'' > c' \end{array} \right.$
		A.R.N.	$B - x - y$

Soient A le phosphore de l'acido-soluble et B celui de l'A.R.N. dans le muscle frais primitif.

— Par le broyage à 0°C , pratiqué au laboratoire en vue de l'analyse, une certaine quantité du phosphore de l'A.R.N., soit x mg, est dégradée et passe dans l'acido-soluble.

Ces x mg sont formés :

- de phosphore minéral : a
- de phosphore organique encore polynucléotidique : b
- de phosphore de "l'ATP" : c

— Par le broyage industriel à 18°C , une quantité supplémentaire (y mg) du phosphore de l'A.R.N. passe dans l'acido-soluble. Nous connaissons y qui est la différence entre le phosphore de l'A.R.N. de la pâte de taureau, et celui du muscle frais broyé à 0°C , soit 0,20 mg. Les $x + y$ mg comportent :

- du phosphore minéral : a'
- du phosphore organique encore polynucléotidique : b'
- du phosphore de "l'ATP" : c'

Le phosphore minéral, s'il existe, ne revient qu'à x , puisque ce phosphore est le même, dans la pâte de taureau et dans le muscle broyé à 0°C ($a = a'$).

— Pendant la maturation, le phosphore de l'A.R.N. et de l'acido-soluble ne varie pas en quantité (tableau II). Mais l'acido-soluble subit de profondes modifications dans sa composition (tableau VI) :

1°) Les composés organiques polynucléotidiques présents dans l'acido-soluble sont :

- peut-être dégradés jusqu'au stade de phosphates minéraux;
- certainement dégradés, pour 33 mg environ, jusqu'au stade d'ATP.

2°) Une partie (36 mg) de phosphore minéral est apportée par la dégradation du phosphore organique présent.

B. = CONSTITUANTS DE LA CHAIR A SAUCISSE :

1°/ - Résultats expérimentaux

Le tableau VII est, pour l'acide soluble, la réplique du tableau III.

Le phosphore est exprimé en mg par gramme de matière sèche de la chair à saucisse.

TABEAU VII

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS L'ACIDO-SOLUBLE DES CONSTITUANTS
DE LA CHAIR A SAUCISSE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse

	1	2	3	4	5	6
	Pâte de taureau après maturation	Pâte de bœuf	Gras salé	Ferment lactique	Chair à saucisse	
					calculé (1+2+3+4)	déterminé
Phosphore minéral	0,550	0,704	0,240	0,087	1,581	1,700
Phosphore minéral hydrolysé	0,595	0,727	0,249	0,087	1,658	1,730
Phosphore thermo- labile (1)	0,045	0,023	0,009	0,000	0,077	0,030
Phosphore de l'ATP (2)	0,067	0,034	0,013	0,000	0,114	0,045
Phosphore acido-soluble total	0,633	0,741	0,297	0,096	1,767	1,850

(1) différence entre le phosphore minéral hydrolysé et le phosphore minéral

(2) phosphore thermo-labile $\times \frac{3}{2}$

Le phosphore minéral représente 87 p.100, 95 p.100, 81 p.100 et 91 p.100 du phosphore acido-soluble, respectivement dans les constituants 1, 2, 3 et 4. Le chiffre de phosphore thermo-labile de la pâte de taureau se détache nettement : 7 p.100 du phosphore acido-soluble, contre 3 p.100 environ dans le bœuf et le gras salé.

2°/ - Discussion

Le phosphore acido-soluble de la pâte de bœuf est à 95 p.100 minéral. Nous en déduisons, comme le laissait prévoir le tableau III, que le bœuf a subi des dégradations importantes au cours du broyage.

Par suite, le phosphore organique est faible : 5,0 p.100. L'hydrolyse de l'acido-soluble, dans les conditions de dégradation de l'ATP, fait apparaître 3,1 p.100 soit à peu près les deux tiers de ce phosphore à l'état minéral; nous sommes donc fondés à considérer que l'ATP est le seul des composés phosphorés organiques qui subsiste dans l'acido-soluble de la pâte de bœuf.

Le phosphore acido-soluble du gras salé est pour 81 p.100 minéral. Il reste donc 19 p.100 de phosphore organique. Le phosphore de l'ATP ne représentant que 4,4 p.100 de celui de l'acido-soluble, les composés phosphorés organiques, autres que l'ATP, subsistent ici en quantité notable.

Les chiffres de la colonne 5 ne peuvent être exploités en eux-mêmes, car ils résultent de nombreuses déterminations. Ils nous serviront de témoins, pour voir de haut les modifications dues à la fabrication de la chair à saucisse. En gros, les chiffres de phosphore minéral de cette dernière, déterminés et calculés par rapport à ceux des constituants, sont à peu près les mêmes. Il en résulte que le broyage conduisant à la chair à saucisse ne provoque pas de dégradations notables dans l'acido-soluble (et dans les autres fractions) des constituants déjà broyés une fois.

Le chiffre de phosphore thermo-labile déterminé est plus petit que le chiffre calculé, ce qui suppose une dégradation à ce niveau; on peut l'interpréter par l'hypothèse faite plus haut : si la maturation qui se fait à 4° C a dégradé une partie de l'A.R.N. et a fait apparaître de l'ATP, il est probable que le nouveau broyage, pratiqué à température ordinaire, dégrade l'ATP ainsi libéré.

A ceci près, on peut dire que la composition de la chair à saucisse reflète fidèlement celle de ses constituants.

C. = SAUCISSE APPERTISÉE :

1°/- Influence de l'appertisation

a) Résultats expérimentaux :

Le tableau VIII, calqué sur le tableau IV, donne la répartition du phosphore dans l'acido-soluble de la boîte du lot B, par comparaison avec la chair à saucisse. Le phosphore est exprimé en mg par gramme de matière sèche de la chair à saucisse (colonne 4) et de la saucisse (colonnes 1, 2, 3).

TABLEAU VIII

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS L'ACIDO-SOLUBLE D'UNE BOÎTE DE SAUCISSE (lot B)

COMPARAISON AVEC LA CHAIR A SAUCISSE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la chair à saucisse (4) et de la saucisse (1 - 2 - 3)

	1	2	3	4
	Jus	Saucisse appertisée	1 + 2	Chair à saucisse
Phosphore minéral	1,274	0,770	2,044	1,700
Phosphore minéral hydrolysé	1,274	0,795	2,069	1,730
Phosphore thermo- labile (1)	0,000	0,025	0,025	0,030
Phosphore de l'ATP (2)	0,000	0,037	0,037	0,045
Phosphore acido-soluble total	1,274	0,802	2,076	1,850

(1) différence entre le phosphore minéral hydrolysé et le phosphore minéral

(2) phosphore thermo-labile $\times \frac{3}{2}$

Le phosphore acido-soluble du jus, entièrement minéral, constitue presque les deux-tiers du phosphore minéral de la boîte. Celui de la chair à saucisse et de la saucisse est minéral pour 92 et 96 p.100.

Le phosphore thermo-labile est partout petit; par contre, les écarts entre les chiffres des colonnes 3 et 4, relatifs au phosphore de la boîte et de la saucisse, sont importants et demandent une interprétation.

b) Discussion :

Nous avons vu, dans le tableau IV, la conséquence de l'appertisation : elle dégrade une partie des lipides et des acides nucléiques dont le phosphore vient enrichir l'acido-soluble.

Le phosphate minéral est hydrosoluble et diffusible, aussi une grande partie figure-t-elle dans le jus : 61,5 p.100 du phosphore acido-soluble total de la boîte, contre 37,1 p.100 dans la saucisse même.

Le phosphore acido-soluble organique est entièrement précipitable par la baryte, ce qui signifie qu'il ne reste plus de créatine phosphate, de nucléotides solubles dans la baryte, de phospho-pyruvate, de glycéro-phosphate, de glucose 1-phosphate, de glucose 6-phosphate.

Ce phosphore organique n'est présent dans la saucisse qu'à l'état de traces, et semble-t-il, sous forme de phosphore de l'ATP. Par conséquent, le phosphore organique, présent à 8 p.100 dans la chair à saucisse, a été entièrement dégradé au cours de l'appertisation.

Les traitements successifs aboutissent donc à un produit dont le phosphore acido-soluble est entièrement minéral (ou presque). Ce phosphore n'est présent qu'à 37,1 p.100 dans la saucisse, par suite d'une lixiviation importante par le jus.

2°/ - Influence du temps :

a) Résultats expérimentaux

Le tableau IX reproduit, pour l'acido-soluble, le tableau V. Il permet la comparaison de l'acido-soluble de la saucisse appertisée I et de la même saucisse conservée II.

Le phosphore est exprimé en mg par gramme de matière sèche de la saucisse.

TABLEAU IX

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS L'ACIDO-SOLUBLE DE LA BOITE I (lot A)
ET DE LA BOITE CONSERVÉE II (lot A)
 en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la saucisse

	1	2	3	1'	2'	3'
	Jus I	Saucisse appertisée I	1 + 2	Jus II	Saucisse appertisée II	1' + 2'
Phosphore minéral	0,805	0,750	1,555	0,890	0,793	1,683
Phosphore minéral hydrolysé	0,805	0,885	1,690	0,890	0,816	1,706
Phosphore thermo- labile (1)	0,000	0,135	0,135	0,000	0,023	0,023
Phosphore de 1' A T P (2)	0,000	0,202	0,202	0,000	0,035	0,035
Phosphore acido- soluble total	0,805	0,955	1,760	0,890	0,896	1,786

(1) différence entre le phosphore minéral hydrolysé et le phosphore minéral

(2) phosphore thermo-labile $\times \frac{3}{2}$

Le phosphore acido-soluble est en grande partie minéral, dans toutes les colonnes.

Le phosphore thermo-labile est certainement présent dans la saucisse I : son chiffre représente 18 p.100 du phosphore minéral. Il est par contre peu significatif, et peut-être imputable à l'erreur expérimentale, dans la saucisse II.

Les chiffres du phosphore acido-soluble total des colonnes 3 et 3' sont dans un excellent accord; pour les autres, une interprétation s'impose.

b) Discussion :

La dégradation de l'acido-soluble progresse lentement au cours de la conservation, puisqu'au bout de dix mois, nous trouvons dans l'acido-soluble 1,68 mg, soit 94 p.100 de phosphore minéral au lieu de 88 p.100 à l'origine.

La diffusion du phosphate minéral dans le jus s'est accentuée elle aussi, puisque le jus contient 50 p.100 du phosphore acido-soluble de la boîte, au lieu de 46 primitivement.

Le phosphore organique présent dans la boîte, diminue fortement avec la conservation : de 0,21 (1,76 — 1,55) soit 12 p.100 (du phosphore acido-soluble) immédiatement après stérilisation, il passe à 0,11 (1,79 — 1,68) soit 6 p.100, au bout de dix mois.

L'hydrolyse de l'acido-soluble, dans les conditions de dégradation de l'ATP, fait apparaître les deux-tiers de ce phosphore à l'état minéral.

Nous sommes donc fondés à supposer que l'ATP (si c'est bien de lui qu'il s'agit) est le seul des composés phosphorés acido-solubles organiques qui subsiste dans le produit fabriqué. Son taux est élevé : 11,5 p.100 du phosphore acido-soluble, dans la boîte, après stérilisation.

Au bout de dix mois, le phosphore organique acido-soluble thermo-labile est devenu presque négligeable. Les dosages manquent de précision sur ces faibles quantités. Nous estimons le taux de l'ATP à 2 p.100 environ du phosphore acido-soluble total, alors que la différence entre le phosphore acido-soluble minéral et le phosphore acido-soluble total est de 6 p.100. La différence nous paraît significative, d'autant qu'elle se répète presque identiquement dans trois expériences semblables.

L'identification chromatographique du phosphore acido-soluble organique serait intéressante pour le produit primitif, afin de se rendre compte s'il s'agit bien de l'ATP.

Elle le serait davantage encore pour le produit final où l'ATP, d'après la détermination des composés thermo-labiles, ne représente plus que le tiers du phosphore organique.

Les chiffres pourraient s'interpréter par la présence d'un mélange d'AMP* et d'ATP, le premier résultant de la dégradation partielle du deuxième.

III. = CARACTÉRISATION DES NUCLÉOTIDES

Elle s'impose, puisque le phosphore thermo-labile, pour être faible n'en existe pas moins.

* adénosine monophosphate

A. = TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES : *

1°/ - Séparation des nucléotides.

Telle que nous l'avons faite, elle nécessite un extrait perchlorique et non trichloracétique. Pour cette opération particulière, les échantillons sont extraits par de l'acide perchlorique 0,6 N. Après centrifugation, le culot est traité par de l'acide perchlorique 0,4 N; les liquides surnageants réunis sont neutralisés à la potasse, en présence de rouge de phénol. On sépare le perchlorate de potassium par centrifugation. Le volume de l'extrait acido-soluble est enfin réduit par évaporation à l'aide d'un courant d'air froid. La température ne dépasse jamais 0° au cours de toutes les manipulations.

Nous séparons ensuite les nucléotides sur une colonne de charbon qui les adsorbe, à l'exclusion des phosphates minéraux et des esters phosphoriques non nucléotidiques (8).

Le charbon employé doit évidemment fixer tous les nucléotides et les restituer le plus parfaitement possible. A cette fin nous avons retenu la préparation suivante : 100 grammes de charbon activit XL 50 sont traités à l'ébullition pendant 5 minutes, par 2 litres d'acide acétique à 50 p.100, puis lavés jusqu'à neutralité et enfin séchés à l'étuve.

Pour favoriser l'écoulement dans la colonne, on mélange le charbon, à parties égales, avec de la poudre de cellulose (hyflo supercel JOHNS MANVILLE) traitée de la même manière que le charbon. Nous introduisons 5 grammes environ de ce mélange dans une colonne de 1,5 centimètres de diamètre (munie d'un ajutage permettant de soumettre à la pression pendant

* Nous tenons à remercier ici Monsieur le Professeur MANDEL qui a bien voulu nous initier à ses techniques dans ses laboratoires de la Faculté de Médecine de STRASBOURG.

l'élution). Après passage de l'extrait acido-soluble, la colonne est rincée à l'eau distillée. L'effluent contient les phosphates minéraux et les esters phosphoriques non nucléotidiques.

L'élution est effectuée par un mélange d'alcool à 95°, d'ammoniaque et d'eau (50 : 10 : 40 en volumes).

L'alcool et l'ammoniaque sont éliminés de l'éluat par évaporation sous un courant d'air froid. Le résidu contenant les nucléotides est repris par quelques ml d'eau (environ 10 ml).

2°/ - Identification des nucléotides

Elle est basée sur :

- le comportement chromatographique sur papier
- les données spectrophotométriques
- l'analyse chimique.

a) Chromatographie sur papier :

Nous utilisons la chromatographie circulaire de GRAU-HAMM-BAUMANN⁽⁹⁾ qui permet de caractériser les polyphosphates* à de très faibles concentrations.

● Réactifs :

— Réactif molybdique

dissoudre : 150 g de molybdate d'ammonium dans 1 l d'eau distillée

ajouter : 1 l d'acide nitrique R.P.

* Communication privée de Monsieur HENRY : la chromatographie de GRAU a été appliquée avec succès aux polyphosphates organiques particuliers que sont les nucléotides.

● Révélateur :

dissoudre : 0,05 g de benzidine dans 10 ml d'acide acétique
compléter à 100 ml avec de l'eau distillée
ajouter : 10 ml d'ammoniaque.

● Matériel :

- papier SCHLEIßCHER-SCHÜL 2043 b $[W_1]$ découpé en rond, et muni d'une languette centrale;
- récipient plat sur lequel peut se faire la chromatographie.

● Mode opératoire :

0,03 ml environ de la solution aqueuse de nucléotides sont disposés au centre du papier. Sur la tâche encore humide, on rajoute une goutte de réactif molybdique. Le papier est ensuite posé à plat, sur le bord d'un récipient contenant le réactif molybdique (dilué au $1/10^e$), dans lequel trempe la languette. La solution monte par capillarité, se répand radialement et extrait du centre de la tâche ce qui n'a pas été précipité sous forme de phosphomolybdate d'ammonium, c'est-à-dire les polyphosphates organiques.

Après une heure à une heure trente, le chromatogramme est séché entre 50 et 60°; on y pulvérise la solution de benzidine. Les polyphosphates sont alors révélés par la formation d'un anneau bleu-violet, tandis que les ortho-phosphates et les autres corps phosphorés forment au centre une tâche bleu foncé. On peut caractériser ainsi les polyphosphates à partir d'une concentration de 5 gammas en phosphore.

b) Mesures spectrophotométriques :

Elles sont faites sur la solution aqueuse de nucléotides, dans la région du spectre comprise entre 2100 et 3200 Å, à pH = 2 ou pH = 7.

Les absorptions des différents dérivés nucléotidiques de l'adénine, de la guanine, etc., sont données dans la littérature.

c) Analyse chimique :

Le ribose des nucléotides est dosé par la méthode de BIAL modifiée par MEJBAUM ⁽¹⁰⁾.

Le ribose des nucléotides pyrimidiques ne réagit que très partiellement par cette méthode, fournissant un test qualitatif.

● Principe de la méthode :

En milieu chlorhydrique et à 100°, le ribose est transformé en furfural qui donne avec l'orcine une coloration verte. La réaction est stabilisée par le chlorure ferrique.

● Réactifs :

Réactif d'Orcine : dissoudre 1 g d'Orcine dans 100 ml d'une solution de chlorure ferrique à 0,1 p.100 dans l'acide chlorhydrique concentré.

● Mode opératoire :

Une partie aliquote de la solution de nucléotides est introduite dans un tube en pyrex. On complète à 3 ml avec de l'eau distillée. On ajoute 3 ml de réactif d'Orcine, et on laisse le tube au bain-marie bouillant pendant 30 minutes. Le contenu est alors additionné de 6 ml d'eau chaude. Après refroidissement, une coloration verte apparaît dans les échantillons contenant des nucléotides puriques.

B. = RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX :

Ce travail a été fait sur la saucisse appertisée provenant de la fabrication étudiée, que nous avons désignée par B. Il se solde par un échec; ni l'analyse spectrophotométrique, ni la chromatographie, ni la colorimétrie du ribose n'ont donné de résultats positifs.

C. = DISCUSSION :

Notre échec à ce niveau peut signifier, ou bien que dans la saucisse du lot B, il n'existe plus d'ATP, d'ADP, d'AMP, en quantité décelable, ou bien que notre méthode est en défaut. Notre travail est en effet critiquable sur plusieurs points :

1° Nous avons travaillé, dans un but de facilité, sur des quantités relativement petites. Nous avons trouvé par un calcul approximatif, que ces quantités étaient en rapport avec la sensibilité des méthodes utilisées, et plus particulièrement, avec la méthode spectrophotométrique, la plus sensible de toutes. Il n'est pas impossible cependant, que ceci soit un des facteurs de notre échec.

2° Ce travail n'a pu être fait dans les conditions rigoureuses de froid, réclamées par la fragilité de l'ATP. Il s'est donc certainement produit des dégradations. Mais même en supposant que le seul nucléotide présent soit sous forme d'AMP, il aurait dû être décelé.

3° Comme il s'agissait d'une caractérisation qualitative, nous avons fait passer directement l'acido-soluble sur le charbon, en vue de l'absorption des nucléotides. Or, dans la méthode originale, les nucléotides sont d'abord séparés sur résine ⁽¹¹⁾. On les fait passer ensuite sur charbon, pour les purifier, il n'est pas impossible que la suppression de ce stade nécessite une adaptation.

Cependant, en comparant la répartition du phosphore dans une boîte de fabrication B et dans une boîte de fabrication A, nous avons fait des remarques intéressantes, et qui pourraient être un argument en faveur de notre technique.

Le tableau X donne la répartition du phosphore dans une boîte du lot B et dans une autre du lot A.

TABLEAU X

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS 2 BOITES DE SAUCISSE A ET B
DE FABRICATION DIFFERENTE

en mg de phosphore par gramme de matière sèche de la saucisse

	1	2	3	1'	2'	3'
	Jus A	Saucisse appertisée A	1 + 2 A	Jus B	Saucisse appertisée B	1' + 2' B
Phosphore acido- soluble total	0,805	0,930	1,735	1,274	0,802	2,076
Phosphore lipidique	0,000	0,266	0,266	0,000	0,267	0,267
Phosphore { P. ARN nucléique { ----- P. ADN	0,000	} 0,038	0,038	0,000	0,163	0,163
Phosphore résiduel						
Phosphore total (calculé)	0,805	1,234	2,039	1,274	1,232	2,506
Phosphore total (déterminé)	0,805	1,230	2,035	1,274	1,210	2,484

On voit que le phosphore total de la boîte B est supérieur de 0,45 mg à celui de la boîte A, cette différence venant du jus qui contient, pour B, 1,27 mg et pour A, 0,80 mg. Le phosphore total de la saucisse est le même dans les deux boîtes.

Tout se passe comme si les saucisses du lot A avaient été ébouillonnées. Le liquide aurait ensuite été écarté, entraînant la perte de phosphore constatée. Dans ce cas, il est intéressant de remarquer que, dans la saucisse ébouillantée ou non, la lixiviation du jus s'arrête à une certaine limite qui correspond à 1,23 mg de phosphore total dans la saucisse. Il n'est pas impossible qu'entre ces deux lots B et A, la différence de fabrication influe fortement sur la conservation d'ATP dans le produit. Il se pourrait que dans le lot B, il n'y ait plus de phosphore nucléotidique, ce qui expliquerait notre échec.

Comme l'hypothèse d'une fabrication différente semble être confirmée par l'écart entre le phosphore total des boîtes B et A, nous n'avons pas récidivé nos essais d'identification.

C O N C L U S I O N

Le muscle de taureau a été analysé à chaque stade de la fabrication de la saucisse. Avec l'analyse des autres ingrédients utilisés, les données rassemblées nous permettent de rendre compte de l'influence des traitements industriels sur les variations de la répartition du phosphore. Nous avons également étudié l'influence de l'appertisation sur les composés phosphorés de la chair à saucisse, et celle du temps, sur les mêmes composés, dans la saucisse appertisée.

Les conclusions de ce travail peuvent se résumer comme suit :

1° = Le broyage industriel du muscle de taureau fraîchement abattu, à 18° C, en présence d'eau, dégrade totalement l'A.D.N. primitif.

L'A.R.N. est partiellement dégradé; son phosphore passe dans l'acido-soluble, en partie sous forme de composés poly-et mono-nucléotidiques, en partie sous forme minérale. Il y a une augmentation du phosphore hydrolysable qui nous fait supposer l'apparition d'A.T.P. au cours de ce processus.

L'A.R.N. résiste cependant assez bien au broyage industriel, puisqu'il est encore présent en quantité notable dans la pâte de taureau obtenue.

2° = La maturation est sans effet considérable sur la composition des grandes classes de composés phosphorés. Elle agit sur l'acido-soluble, en modifiant qualitativement sa composition :

Le phosphore organique de l'acido-soluble est dégradé, pendant ce traitement, en partie jusqu'au stade de phosphate minéral.

Il continue à y avoir accroissement du phosphore hydrolysable.

A la fin de la maturation, on obtient une pâte riche en phosphore minéral, en A.T.P., et où les autres formes du phosphore organique sont très faibles.

3° = Le broyage des différents constituants en vue de la fabrication de la chair à saucisse, ne provoque pas de nouvelles dégradations importantes des composés phosphorés dans les constituants déjà broyés une fois. Il y a cependant une certaine hydrolyse de l'A.T.P. et des phosphatides.

4° = Durant l'appertisation, il y a une dégradation sensible des lipides phosphorés et de l'A.R.N. Le phosphore ainsi libéré vient enrichir l'acido-soluble.

Le phosphate minéral diffuse en grande partie dans le jus.

Dans le produit final (boîte de saucisse), le phosphore acido-soluble est entièrement minéral.

5° = Il semble que, selon la fabrication, l'A.T.P. peut être conservé ou non. Dans le premier cas, il est dégradé par une conservation prolongée. A cette dégradation près, le temps de conservation ne provoque pas de grandes modifications des composés phosphorés dans la boîte de saucisse.

B I B L I O G R A P H I E

- (1) GAUTIER A. - L'alimentation et les régimes chez l'homme sain ou malade. Masson, Ed. Paris - 1908.
 - (2) KAHANE E. - J. Pharm. chim., 1934, 19, 26.
 - (3) MACHEBOEUF M. et DELSAL S. - Bull. Soc. Chim. Biol., 1943, 25, 116.
 - (4) SCHNEIDER W.C. - J. Biol. Chem., 1945, 161, 293.
 - (5) BOUDET et GUILLEMET. - Compt. rend., 1951, 232, 1326.
 - (6) Le phosphore et son rôle en biologie. Communications présentées aux journées du phosphore. Paris, janvier 1949. P.U.F. p. 22.
 - (7) KAPLAN M.O. et GREENBERG D.M. - J. Biol. Chem., 1944, 156, 511.
 - (8) CRANE R.K. et LIPMANN F. - J. Biol. Chem., 1953, 201, 235.
 - (9) GRAU R. - Angew. Chem. 1953, 65, 242.
 - (10) MEJBAUM V.V. - Biokhimiya, 1945, 10, 353.
 - (11) MANDEL P. et CHAMBON P. - Bull. Soc. Chim. Biol., 1959, 41, 715.
-

TABLE DES MATIÈRES

Pages

● <u>INTRODUCTION</u>	1
● <u>CHAPITRE I</u> - FABRICATION DE LA SAUCISSE APPERTISÉE	3
● <u>CHAPITRE II</u> - TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES DE BASE	10
● <u>CHAPITRE III</u> - COMPOSITION ET CONSERVATION DU MUSCLE DE TAUREAU	20
● <u>CHAPITRE IV</u> - CONSTITUANTS DE LA CHAIR A SAUCISSE	29
● <u>CHAPITRE V</u> - ÉTUDE DE LA SAUCISSE APPERTISÉE	37
● <u>CHAPITRE VI</u> - ÉTUDE DES ACIDO-SOLUBLES	45
● <u>CONCLUSION</u>	71

DEUXIEME THÈSE

Proposition donnée par la Faculté.

VU et permis d'imprimer

VU et approuvé

MONTPELLIER, le Mai 1964

MONTPELLIER, le Mai 1964

Le Recteur de l'Académie
de MONTPELLIER

Le Doyen de la Faculté
des Sciences

G. RICHARD

B. CHARLES

POLY-OFFSET

36, rue de Porto

MONTPELLIER
